



Caracterização Ambiental de uma Planície Aluvionar e Proposta para a sua Remediação

Environmental Characterization of an Alluvial Plain and Proposal for its Remediation

Pinho, C.^{1,2*}, Fonseca, R.^{1,2}, Carneiro, J.¹

¹ Universidade de Évora, Escola de Ciências e Tecnologias, Departamento de Geociências, Instituto de Ciências da Terra (ICT)

² Laboratório AmbiTerra – Rua da Barba Rala, nº1, Parque Industrial e Tecnológico, 7005-345 Évora. *c_pinho@uevora.pt.

Resumo

A ocorrência antrópica de metais em meio natural relaciona-se maioritariamente com a existência e funcionamento industrial. A actividade industrial da unidade metalúrgica de Três Marias da Votorantim Metais S.A., localizada no estado Brasileiro de Minas Gerais, tem provocado diversos impactos ambientais na sua envolvente, nomeadamente nos solos, sedimentos e na qualidade da água. A caracterização geoquímica baseada na avaliação da mobilidade dos elementos químicos através da análise da água intersticial dos sedimentos e dos ensaios de lixiviação realizados na zona revelou elevados níveis de contaminação em metalóides e metais pesados, muito acima dos níveis críticos e com elevada biodisponibilidade. O estudo teve como ponto de partida a caracterização geoquímica da zona de forma a fundamentar a escolha das técnicas de remediação ambiental mais adequada(s) para a proposta de requalificação ambiental da área em estudo.

Palavras-chave: Biodisponibilidade, Caracterização Geoquímica, Impactos, Metais, Remediação Ambiental

Abstract

The anthropic occurrence of metals in the natural environment is mainly related to industrial activities. The activity of the Três Marias metallurgical unit of Votorantim Metais S.A., located in the Brazilian state of Minas Gerais, has caused several environmental impacts in its surroundings, namely in the quality of soils, sediments and water. The geochemical characterization based on the evaluation of the mobility of the chemical elements through the interstitial water analysis of the sediments and the leaching tests of the zone revealed high levels of contamination in heavy metals and arsenic, above critical levels and most of them in bioavailable forms. This study addresses the geochemical characterization of the soils and water in the industrial area in order to choose the most appropriate remediation techniques for the environmental requalification of the area.

Keywords: Bioavailability, Environmental Remediation, Geochemical Characterization, Impacts, Metals

Introdução

A contaminação de solos, linhas de água e zonas aluvionares é muito frequente, não só em metais pesados mas, também em fósforo e outros poluentes, estando principalmente associadas a actividades antrópicas (Raymond, *et al.*, 2011). Os solos, as águas superficiais e subterrâneas da área em estudo, localizada no Estado Brasileiro de Minas Gerais e na margem do maior rio Brasileiro (São Francisco), encontram-se contaminadas por metais pesados, estando estes presentes maioritariamente sob formas móveis, com elevada biodisponibilidade, e em teores muito superiores aos admitidos para a área. Assim, e tendo em conta as fragilidades de uma área contaminada por metais pesados, o principal objectivo deste trabalho insere-se na recuperação ambiental da área industrial, impedindo o alastramento dos actuais níveis em elementos potencialmente tóxicos. Neste estudo foi dada particular ênfase à mobilidade dos elementos nos sedimentos de uma planície aluvionar de uma pequena linha de água que recebe por infiltração e escorrência grande quantidade dos contaminantes.

Metodologia

A determinação do teor em elementos químicos dissolvidos foi realizada nas águas intersticiais extraídas de amostras de sedimentos aluvionares recolhidos em duas épocas climáticas distintas, de forma a melhor se compreender a variação química sazonal e a mobilidade espacial e temporal dos elementos contaminantes. Foi ainda realizado um ensaio de lixiviação nas amostras de aluviões a fim de se conhecer e quantificar os elementos mais facilmente extraíveis pela acção da água. De modo a replicar a lixiviação imposta por um regime pluviométrico regional caracterizado por chuvas intensas momentâneas, podendo originar enxurradas e lixiviação intensa das zonas emersas, procedeu-se à determinação da fracção extraível por agitação com água ultra-pura com pH adequado, segundo as características químicas das chuvas da

região (Fia *et al.*, 2013). Todos os elementos químicos foram analisados através de ICP-OES.

Resultados e Discussão

Os resultados obtidos para os elementos químicos mais relevantes encontram-se representados graficamente na Fig.1. Os teores em metais nas águas intersticiais foram comparados com os valores de prevenção para as águas subterrâneas (COPAM, 2011), atingindo, maioritariamente, valores superiores aos legalmente admitidos (VLA). Para todas as amostras obtiveram-se teores superiores aos VLA em todos os elementos analisados quer na época seca (ES) quer na época da chuva (EC), aqui representado pela amostra CA1-14 (Fig.1b; Tabela1).

Tabela 1 – Teores obtidos (mg.l⁻¹) para a água intersticial da amostra CA1-14 na ES e EC e sua comparação com VLA.

(mg.l ⁻¹)	ES	EC	VLA
Cd	3,00	3,00	0,005
Mn	140,35	61,80	0,400
Ni	0,63	0,29	0,020
Pb	1,28	0,66	0,010
Zn	733,82	892,21	1,050

Verifica-se uma tendência geral, de menores teores superficialmente na EC aumentando na ES, o que se justifica pelo efeito de diluição provocado pelas águas pluviais e sua infiltração. Este efeito, relaciona-se com o aumento do caudal do córrego e, conseqüente, com o arraste de metais para zonas mais profundas, resultando num aumento do teor em metais em profundidade. Pelo contrário na ES verifica-se o oposto, facto que se poderá dever à evaporação da água existente nos materiais sedimentares e conseqüente arraste de metais para as camadas mais superficiais. Assim, e tendo em conta a elevada concentração de metais em fracções solúveis e facilmente solubilizáveis, o ensaio de lixiviação identificou os metais mais facilmente extraíveis por acção da água com pH ajustado ao das chuvas locais. Os teores em metais lixiviados revelaram-se superiores ao Valor de Intervenção (VI) legislado, dos quais se evidenciam com

elevado grau de perigosidade o Cd e o Zn (Fig.1a). As características geoquímicas identificadas influenciam directamente a escolha da técnica(s) de remediação a aplicar, tornando-a mais complexa.

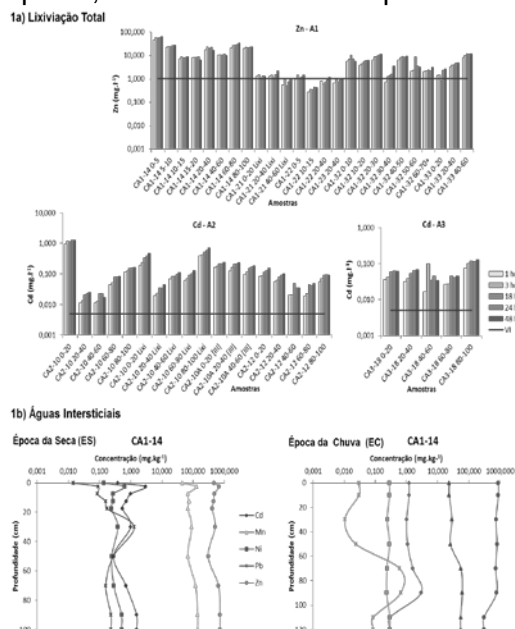


Fig. 1 – Teor em elementos químicos determinados no ensaio de lixiviação total de algumas amostras aluvionares (Fig. 1a) e sua comparação com VI (COPAM, 2011). Teores analisados numa amostra de água intersticial recolhida na ES e na EC (Fig. 1b).

São diversas as técnicas aplicadas e em desenvolvimento para a remediação de sedimentos contaminados, baseando-se no melhor compromisso entre materiais geológicos contaminados e qualidade ecológica (Reis *et al.*, 2007). Contudo, antes de executar qualquer processo de remediação ambiental, dever-se-á assegurar o controlo das fontes actuais de poluição e a prevenção de contaminações futuras. É, assim, indispensável a minimização das emissões de efluentes líquidos e de resíduos sólidos na área, e simultaneamente a diminuição ou mesmo o cessar de contaminações de carácter secundário (U.S.EPA, 1997; OSPAR Commission, 2009). Na área em estudo, e tendo em conta a caracterização geoquímica, verifica-se que a remediação da zona aluvionar e, consequentemente, da linha de água que a atravessa, não se poderá realizar sem que para isso sejam objecto de intervenção todas as componentes que, directa ou indirectamente, contribuem para a degradação das características

ambientais da área (Fig.2a). Assim, a proposta de remediação a apresentar terá de preconizar intervenções, no material sólido (aluviões), nas águas intersticiais e subterrâneas (cuja amostragem não foi possível, mas que se presumem com contaminação similar às águas intersticiais na zona não saturada e na estabilização da própria linha de água. Propõe-se intervenção nas aluviões através da aplicação de: (1) “capping”, técnica de isolamento, decapagem e remoção da camada superficial contaminada e colocação de uma camada drenante de solo vegetal (Fig.2b); para remediação das águas subterrâneas preconiza-se: (1) “flushing” e “pump-and-treat”, técnica de injeção ou infiltração de água ou soluções extractantes que promovem a solubilização dos contaminantes com posterior recolha e tratamento destas soluções injetadas; ou (2) Barreira Reactiva Permeável, técnica que permitirá a remoção dos elementos contaminantes da água à medida que esta flui através de uma barreira construída com materiais selecionados para promover a reacção química e remoção dos contaminantes na água subterrânea. Tendo em conta os custos de instalação, sugere-se a implementação de uma configuração em “funnel and gate”, com construção de zonas impermeáveis lateralmente à barreira permeável para garantir que o fluxo é direccionado para a zona reactiva (Fig.2d); para reabilitação e tratamento da linha de água sugere-se: (1) regularização das vertentes imediatamente adjacentes ao córrego, de modo a que, na EC não ocorram episódios de acarreo de elevados volumes de materiais sedimentares, contaminados ou não, para a linha de água (evitando também assim o assoreamento da mesma); este efeito poderá ser conseguido através da construção de degraus no interior do córrego, diminuindo a velocidade do fluxo de água e promovendo a sedimentação, do material sólido na linha de água; (2) recuperação do curso de água através da regularização do canal por remoção de sedimentos, impermeabilização do leito com geotêxtil ou com uma camada argilosa impermeável (prevenindo assim o afluxo de água subterrânea contaminada)

e estabilização das margens (para evitar deslizamentos e obstruções no seu leito). Todas as metodologias propostas têm em conta a elevada mobilidade dos metais e procuram minimizar o remeximento do material sedimentar e a diferenciação entre os fluxos de água superficial e subterrânea (para que não ocorra infiltração e, conseqüentemente, troca de contaminantes dissolvidos). Todas as intervenções deverão ser realizadas durante a ES.

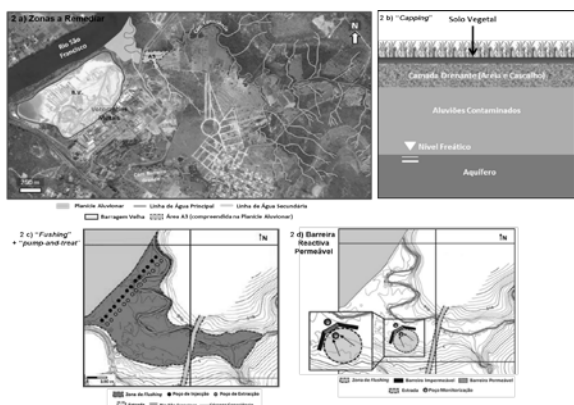


Fig. 2 – Esquemas representativos da área em estudo e zonas a remediar (Fig.2a), técnica de “capping” (Fig.2b), técnicas de *flushing* e “pump-and-treat” (Fig.2c) e barreira reactiva permeável do tipo “funnel and gate” (Fig.2d).

Conclusão

Tendo em conta os resultados da caracterização da contaminação a remediação da área implicava a adopção de diferentes técnicas de remediação, que assegurem a descontaminação dos solos e águas superficiais e subterrâneas. Assim, de forma ideal, para que o processo de recuperação ambiental da área consista num solução eficaz e não meramente temporária, o impedimento da migração de elementos tóxicos para o rio São Francisco passa obrigatoriamente pela remoção de qualquer fonte de poluição da área, sejam estas directas ou indirectas, por erosão de áreas contaminadas. Posteriormente, o processo de remediação da área, segundo a proposta apresentada, passaria pela prevenção da contaminação da linha de água afluente do São Francisco, mediante retenção do material sedimentar transportado e regularização das vertentes, evitando que na EC, episódios de enxurrada e acarreo de elevados volumes de materiais

sedimentares, aumentassem o nível de contaminação e de assoreamento. Será igualmente necessária uma intervenção a nível das águas subterrâneas que circulam nas aluviões, onde se verificaram os níveis mais elevados de metais potencialmente tóxicos. Para tal, propõem-se técnicas de remediação *in situ*, que não exijam trabalhos de escavação, manuseamento, transporte e disposição de elevadas quantidades de material contaminado. Sugere-se a instalação de uma barreira reactiva permeável próxima à zona de descarga para o rio São Francisco, tendo como objectivo a remoção dos contaminantes da água à medida que esta a atravessa e impedindo a sua chegada ao rio. Para as aluviões sugere-se a decapagem de uma pequena camada superficial, instalação de uma camada permeável e posterior cobertura com solo vegetal e revegetação (“capping”). Na zona aluvionar sugere-se ainda a aplicação de *flushing* com água durante a época seca, solubilizando a fracção solúvel e canalizando-a para a barreira reactiva permeável.

Agradecimentos

À Votorantim Metais S.A., pelo financiamento do projecto “Proposta de estratégia de remediação da área dos córregos Consciência e Barreiro Grande - Fase 2.”

Referências

- COPAM, 2011. Deliberação Normativa COPAM nº 166, de 29 de Junho de 2011. Conselho Estadual de Política Ambiental, 5 p.
- Fia, R., Frizzarim, S. S., Fia, F. L. R. 2013. *Análise Qualitativa de Poluentes na Água das Chuvas em Lavras – MG (Minas Gerais)*. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, vol.18, n.2, pp. 269-278.
- Raymond A. Wuana and Felix E. Okieimen, 2011. *Heavy Metals in Contaminated Soils: A Review of Sources, Chemistry, Risks and Best Available Strategies for Remediation*. International Scholarly Research Network, ISRN Ecology Article ID 402647, 20 pages.
- Reis, E., Lodolo, A., Miertus, S. 2007. *Survey of sediment remediation technologies*. International Centre for Science and High Technology. (consultado a 01.04.2016).
- OSPAR Commission 2009. *OSPAR Guidelines for the Management of Dredged Material*. (consultado a 01.11.2016).
- U.S.EPA, 1997. *Technology Alternatives for the Remediation of Soils Contaminated with As, Cd, Cr, Hg, and Pb*. United States Environmental Protection Agency, Center for Environmental Research Information, 20 p.